



УДК 69.004

https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-104-111

Научная статья



Аналитический обзор программного обеспечения для создания информационной модели города


С.Г. Шеина , **И.Б. Осовик**  ✉

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ osovik.ivan@yandex.ru

Аннотация

Введение. Статья посвящена перспективной технологии в строительной индустрии и городском управлении — CIM (City Information Modeling — информационная модель города). С возникновением информационной модели сложилась способность создавать 3D-модели не только отдельных объектов, но и города в целом с его застройкой, инфраструктурой, геологическими и экологическими факторами. Но для создания и поддержания моделей городов нужны программные средства. Целью исследования является обзор имеющихся программных продуктов, описание их свойств, области применения. Обозначены возможности использования CIM. Описаны задачи, которые данная модель позволяет решить. Показан результат использования ГИС-технологий в создании информационной модели города с данными по классу энергоэффективности жилищного фонда.

Материалы и методы. В процессе проведения исследования выполнен аналитический обзор программного обеспечения в целях создания информационной модели города, а также изучены труды ученых в сфере городского моделирования. Отмечены источники информации, которые могут использоваться для дальнейшей работы. В процессе создания цифровой модели города использованы геоинформационные системы ARC GIS 10.1 ESRI.

Результаты исследования. Информационная модель города может быть описана в виде воспроизведения ее исторических и культурных, социально-экономических и религиозных событий и явлений; объемных моделей, геоинформационных виртуальных систем, составленных на основе космических и информационных технологий, среди которых BIM (Building Information Modeling) и ГИС (геоинформационные системы). Для создания информационных моделей территорий города используются комплексы программ, функционал которых основан на анализе действующих данных и создании проектных сущностей. Основные импортеры программного обеспечения для городского моделирования — компании Autodesk и Bentley — имеют инструменты как для BIM, так и для CIM.

Обсуждение и заключение. Термин «Умный город» стал особо популярным с развитием BIM-технологий. Это инновационный подход с применением цифровых технологий, который напрямую влияет на деятельность и эффективность оказания услуг и повышение уровня жизни в городе. Для решения тематических задач существуют узконаправленные технологии и инструменты, связанные с развитием современной городской среды. Основная задача «Умного города» — это повышение уровня комфорта жизни жителей. Решается эта задача путем создания информационной модели города, содержащей информацию о рельефе, зданиях и сооружениях, дорогах, зеленых насаждениях и др.

Ключевые слова: CIM (City Information Modeling), ГИС (геоинформационные системы), городское моделирование, информационная модель, умный город

Благодарности. Авторы благодарят анонимных рецензентов, а также выражают признательность руководству за помощь, оказанную в процессе подготовки проекта.

Для цитирования. Шеина С.Г., Осовик И.Б. Аналитический обзор программного обеспечения для создания информационной модели города. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(3):104–111. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-104-111

Original article

Analytical Review of the Software for Creating a City Information Model

Svetlana G. Sheina, **Ivan B. Osovik** ✉

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ osovik.ivan@yandex.ru

Abstract

Introduction. The article describes a forward-looking technology in the field of construction industry and urban management – CIM (City Information Modeling) – an information model of a city. Emergence of the information modelling have led to the possibility to create the 3D models not only of individual objects, but also of a city as a whole with its buildings, infrastructure, geological and environmental factors. But creation and maintenance of the city models require the software tools. The aim of the present research is to make a review of the available software, describe its properties and field of application. CIM application capacities are also defined. The tasks, which can be solved by means of such a model, are described. The result of using GIS technologies in creating a city information model with respect to the data on housing stock energy efficiency level is shown.

Materials and Methods. Within the research, an analytical review of the existing software for creating an information model of a city was carried out, the works of the scientists, who contributed to the issue of urban modeling, were studied. The information sources useful for further research were identified. Geo-information systems ARC GIS 10.1 ESRI were used to create a city information model.

Results. A city information model can be described as a replication of the historical and cultural, socio-economic and religious events and phenomena; the three-dimensional models, geo-information virtual systems created by means of the space-based processing and information technologies, including BIM (Building Information Modeling) and GIS (Geographic Information Systems). The software complexes, which function based on the analysis of the valid data and creation of design entities, are used to create the information models of the urban territories. The major companies importing the urban modeling software, Autodesk and Bentley, offer both BIM and CIM tools.

Discussion and Conclusions. The term "Smart City" has become especially popular due to development of BIM technologies. This is an innovative approach based on the digital technologies application, which directly affects the activities and efficiency of provided services and rising the city living standard. For solving the thematic problems, there exist the focused technologies and tools of the modern urban environment development. The main task of the "Smart City" is enhancement of the comfort standard of the residents' living. This task is solved by creating a city information model integrating the information about the terrain, buildings and structures, roads, green spaces, etc.

Keywords: CIM (City Information Modeling), GIS (Geographic Information Systems), urban modeling, information model, smart city

Acknowledgements. The authors thank the anonymous reviewers and also express their gratitude to the management for the assistance provided during the preparation of the project.

For citation. SG Sheina, IB Osovik. Analytical Review of the Software for Creating a City Information Model. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(3):104–111. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-104-111

Введение. На основе использования данных, заложенных в информационной модели города, можно обеспечить высокий уровень жизни, что будет характерным для современных реалий, снизить затраты и повысить эффективность использования ресурсов за счет интеграции в модель информационных систем и служб города. Подход и спектр реализации такого проекта зависит от особенностей города и приоритетов поставленных задач [1].

Для создания и поддержания моделей крупных городов, таких как Москва и Санкт-Петербург, не нужны масштабные сервера. Достаточно одного персонального компьютера, чтобы вместить всю цифровую информацию города во всем ее объеме. Благодаря чему все это доступно не только градостроительным проектировщикам, но и обычным жителям города в приложениях для персональных компьютеров.

Таким образом, выбранная тема актуальна, поскольку информационная модель города — это развивающийся подход в отрасли строительства и управления городским хозяйством, требующий изучения, при использовании которого достигаются различные эффекты в разных сферах деятельности.

Это подтверждается обширным рядом публикаций и книжными изданиями по тематике работы и по смежным тематикам исследований.

Цель исследования — аналитический обзор программного обеспечения для создания информационной модели города и использование ГИС-технологий для создания CIM города Ростова-на-Дону.

Материалы и методы. С целью раскрытия темы проведен аналитический обзор существующего программного обеспечения для создания информационной модели города[1,2] [2], изучены труды ученых, осуществляющих разработки в сфере городского моделирования [3–6], определены источники информации, которые могут использоваться для дальнейшей работы. Для построения CIM города Ростова-на-Дону использована геоинформационная система ARC GIS 10.1 ESRI.

Результаты исследования. В основу информационной модели города заложены данные об исторических и культурных, социально-экономических и религиозных событиях и явлениях в виде электронной карты города и отдельных ее слоев (навигационная карта, кадастровая карта, карта рельефа и т. п.), объемных моделей, геоинформационных виртуальных систем, составленных на основе данных дистанционного зондирования земли, а также информационных моделей зданий и сооружений BIM (Building Information Model) [7].

Модель позволяет решить такие задачи, как:

– анализ территории;
– движение транспорта и пешеходная активность;
– выбор площадки для размещения проектируемых объектов;
– согласование и утверждение оптимального проектного решения (функция умного города);
– визуализация моделей зданий;
– определение влияния климата, экология;
– инженерно-геологические и экологические условия территории;
– способность интеграции в процесс работы над объектом на протяжении всего жизненного цикла (функция умного города).

Также информационное моделирование города позволяет обосновать градостроительные решения для высокоэффективного землепользования и формирования практичной планировки города.

Кроме пространственного представления города, демонстрирующего все особенности ландшафта, застройку, расположение зданий и дорог, модель имеет возможность имитировать и моделировать социально-экономические факторы, уровень здравоохранения, степень развития благоустройства и т. п. Эффект от таких моделей — анализ различных сценариев развития города [8]. Когда речь идет о создании информационной модели города, самая главная проблема — сбор исходных данных.

На стадии создания модели в первую очередь специалисты берут данные из:

– электронных карт;
– карт на бумажном носителе;
– аэро- и космических снимков;
– данных ГИС;
– баз данных различных организаций;
– чертежей;
– 3D-моделей зданий и сооружений.

В случае отсутствия информации специалисты прибегают к помощи интернета, где можно найти достаточное количество структурированной пространственной информации по практически любой необходимой территории Земли.

Воссоздано множество моделей различных видов, обладающих собственным набором свойств и подсистем. В таблице 1 рассмотрим, посредством каких программных комплексов строятся информационные модели города [2, 9].

В целях создания информационных моделей территорий города используются комплексы программ, обеспечивающих городское моделирование умного города — компании Autodesk и Bentley, имеющие как инструменты для BIM, так и для CIM (City Information Modeling).

Самым высоким спросом в нашей стране среди программного обеспечения для моделирования территорий пользуются продукты компаний Autodesk и ESRI (ГИС). Завоевала свою нишу InfraWorks, активно применяется AutoCAD Civil 3D, Revit. Решения от Bentley Systems массовой популярности не нашли, а стоимость ПО выше по сравнению с аналогичными продуктами Autodesk. Но это не мешает специалистам использовать разработки данной компании для создания информационной модели города.

[1] Левин Д. *Оцифровка купеческих построек — CIM (City Information Modelling) для создания проекта реконструкции Ильинской Слободы.* Isicad: [сайт]. 2023. URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=21777 (дата обращения: 31.06.2023).

[2] Беляев Д.М. *Информационная модель города.* Справочник от автора: [сайт]. 2023. URL: https://spravochnick.ru/informatika/informacionnaya_model/informacionnaya_model_goroda/ (дата обращения: 31.06.2023).

Таблица 1

Варианты программных комплексов, используемых для построения информационной модели города

Название программы	Функционал
AnyLogic	• Программное обеспечение для имитационного моделирования, разработанное российской компанией The AnyLogic Company. • В процессе работы в модели формируются такие показатели социально-экономического развития территории, как качество жизни населения, доходы бюджета, прирост занятости на реорганизуемых территориях, численность населения, коэффициент доступности жилья, уровень безработицы, уровень загрязнения окружающей среды и др. Программа AnyLogic, в которой была построена модель, позволяет создавать интерактивную анимацию, что помогает визуальному представлению рассматриваемых ситуаций. • Модельный комплекс обеспечивает визуализацию процесса преобразования территории, позволяет загружать карту, которою можно разделять на районы, предназначенные для различных целей. Например, существуют такие районы, как промышленная и лесопарковая зоны, а также жилищный и общественный комплексы. Данная модель позволяет проигрывать всевозможные сценарии пространственного развития города, в частности имитировать процесс создания и ликвидации городских объектов.
ArcGIS	• Комплекс геоинформационных программных продуктов американской компании ESRI. Применяются для земельных кадастров, в задачах землеустройства, учёта объектов недвижимости, систем инженерных коммуникаций, геодезии и недропользования и других областях. • 3D ГИС переносят карты и данные в контекст реального мира, делая их нагляднее. Позволяют преобразовать данные в 3D-модели и анализировать их помощи инструментов или визуально.
LumenRT	• Программная среда от Bentley Systems, представляющая инженерные проекты в объемном 3D-пространстве в режиме реального времени. • Анимированные модели инфраструктуры с движущимися элементами, такими как моделируемый дорожный трафик с использованием транспортных средств всех типов, людей, растений, деревьев, облаков, воды и многого другого. • Моделирование ландшафта и грунтовых покрытий, отображение водоемов, фотореалистичного неба и погодных явлений в дневное или ночное время. • Легкое создание 3D-видео презентаций инфраструктурных объектов.
Civil 3D	• AutoCAD Civil 3D — программа, базирующаяся на платформе AutoCAD и предназначенная для землеустроителей, проектировщиков генплана, проектировщиков линейных сооружений. • В Civil 3D использованы инструменты, которые основаны на технологии BIM. Программный комплекс позволяет в процессе проектирования объектов инфраструктуры значительно сократить сроки работы над проектом, быстро выполнить необходимые расчеты и внести определенные изменения. • Программный комплекс позволяет использовать целый ряд инструментов для формирования земельных участков с картографическими сведениями в автоматическом режиме. Используя Bridge Module, можно проектировать мосты и компоненты мостовых конструкций. • В составе Autodesk Civil 3D имеется инструментальная геоинформационная система Autodesk Map, которая позволит на основе уже существующих проектных данных решать задачи эксплуатации объектов, мониторинга, анализа и моделирования ситуации.
GeoniCS	• Отечественная разработка GeoniCS работает как с AutoCAD так и с российским программным комплексом NanoCAD. • Программный комплекс GeoniCS — это интегрированное решение, представляющее собой технологическую линию совместимых профессиональных программных продуктов, обеспечивающих комплексность при реализации сквозных, «бесшовных» технологий проектирования. • Предназначен для обработки данных геодезических и инженерно-геологических изысканий, создания цифровой модели местности (ситуации, рельефа, инженерно-геологического строения, существующих сетей), создания топопланов в отечественных условных знаках, проектирования генеральных планов и вертикальной планировки, внешних инженерных сетей и линейно-протяженных объектов. • Отличительная особенность GeoniCS в сравнении с зарубежными аналогами — ориентация на отечественные стандарты и технологию. • Данная программа имеет иную структуру данных, в отличие других подобных программ. В «Нанософт» пошли путем наполнения функционала посредством разделения на различные модули (ТОПОПЛАН — ГЕНПЛАН — СЕТИ — ТРАССЫ — СЕЧЕНИЯ — ГЕОМОДЕЛЬ). Модули могут состоять из нескольких функциональных разделов, каждый из которых соответствует строго определенным задачам проектирования. • Модуль «ТОПОПЛАН» — это ядро программы, позволяющее создавать топографические планы, вести базу точек съемки проекта, строить трехмерную модель рельефа и проводить анализ полученной поверхности. На основе построенной модели рельефа программа может решать целый ряд прикладных задач. • Модуль «ГЕНПЛАН» используется при проектировании промышленных объектов различного назначения, а также объектов гражданского строительства. Он обеспечивает полное соответствие требованиям ГОСТ 21.50893 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов».

Название программы	Функционал
GeoniCS	• Модуль «СЕТИ» позволяет проектировать внешние инженерные сети и оформлять необходимые выходные документы. • Модуль «ТРАССЫ» обеспечивает проектирование линейно-протяженных объектов и оформление необходимых выходных параметров. • Модуль «СЕЧЕНИЯ» позволяет получить поперечные профили по цифровой моели рельефа и осевой линии трассы, созданных в модулях «ТОПОПЛАН» и «ТРАССЫ», а также запроектировать очертания дорог и водоотводных устройств с формированием объемов земляных работ и материалов. • Модуль «ГЕОМОДЕЛЬ» предназначен для автоматизации процесса подготовки графических отчетных документов инженерно-геологических изысканий (инженерно-геологические разрезы и колонки).
Revit	• Программный комплекс от компании Autodesk для автоматизированного проектирования, реализующий принцип информационного моделирования зданий. • Autodesk Revit — это платформа параметрического моделирования, способная автоматически координировать изменения. В процессе создания модели некоторые зависимости между элементами задаются автоматически, а некоторые — самим пользователем. При последующих изменениях зависимости между элементами сохраняются. При изменении одного элемента программа сама определяет связанные с ним элементы и способ их обновления. • Корректная передача модели генерального плана в среду Revit для дальнейшей проработки формализации объектов в процессе проектирования. Возможность детальной прорисовки каждого отдельного объекта с его техническими свойствами (сведениями и о структуре используемых материалов, и о их плотности, теплопроводности и прочих физических свойствах). • Autodesk Revit создана как полноценная система автоматизированного проектирования (САПР), которая позволяет заниматься архитектурным проектированием, проектировать инженерные системы и строительные конструкции.
Autodesk InfraWorks	• Autodesk InfraWorks — это мощный инструмент для эскизного проектирования и визуализации проектов таких инфраструктурных объектов, как дороги, мосты, инженерные коммуникации, участки застройки и т. д. InfraWorks позволяет быстро создать 3D-модель существующей инфраструктуры на основе данных из открытых источников или на основе инженерно-геодезических изысканий. • Следует отметить, что модель, созданная в InfraWorks, будет не просто красивой картинкой, а информационной моделью, содержащей данные о существующих и проектных объектах инфраструктуры и атрибутивную информацию. Это рельеф со всеми объектами, которые на нем находятся. • Автоматизация проектирования объектов инфраструктуры, создание и выпуск рабочей документации, начиная со сбора и обработки полевых данных, геодезических изысканий и заканчивая 3D-визуализацией проектного замысла и возведением самих объектов.

На данный момент на российский рынок программного обеспечения компания Autodesk прекратила поставлять лицензию на свою продукцию. Эту нишу заполняют отечественные разработки, упрощающие процесс перехода от западного обеспечения, с качественной реализацией проекта. Программный комплекс Model Studio CS реализует концепцию организации среды общих данных и автоматизирует проектирование промышленных и производственных объектов любой сложности. GeoniCS работает как с AutoCAD, так и с российским программным комплексом NanoCAD.

Примером создания информационной модели города является разработанная на кафедре «Городское строительство и хозяйство» ДГТУ информационная модель г. Ростова-на-Дону (рис. 1), построенная в ПО ARC GIS 10.1 ESRI. Электронная карта города совмещена с космическим снимком. На полученном рельефе местности показан жилой фонд города. Предварительно была создана база данных жилищного фонда города с разбивкой по году постройки, материалу стен, этажности. На основе результатов энергообследования объектов-аналогов определены классы энергоэффективности каждого жилого здания, и данные внесены в базу данных ГИС. Благодаря инструментарию, заложенному в ARC GIS, данные по классу энергоэффективности совмещены с электронной картой рельефа местности. Каждый объект окрашен в соответствии с классом его энергоэффективности.

Обсуждение и заключение. Использование современных программных продуктов позволяет создать информационную (цифровую) модель территории города.

На основе цифровой модели города разрабатываются модули по реализации целевых программ развития муниципальных образований для формирования комфортной среды обитания. В частности, модель существующих транспортных потоков с обозначением статистических данных по трафику загруженности транспортных средств на улицах города, на которую затем выводятся предложения вариантов для их оптимизации [10].

Для реализации программ по повышению энергоэффективности в жилищном фонде в ПО ARC GIS ESRI 10.1 выполнен пространственный анализ городских территорий, который позволяет произвести оценку территорий по ее энергоэффективности и разработать мероприятия по повышению этого показателя в процессе проведения энергетической санации жилищного фонда.



Рис. 1. Информационная модель г. Ростова-на-Дону, построенная в ПО ARC GIS 10.1 ESRI

Информационная модель позволяет:
– продемонстрировать все варианты проекта в максимально наглядном формате;
– прикрепить ссылки на варианты проектов на городском портале;
– организовать голосование и сбор замечаний по проектам от жителей города.

Таким образом, использование информационной модели на завершающей стадии проекта позволяет продемонстрировать лицам, принимающим решение, пространственную модель территории в завершенном виде. Качественная визуализация также необходима для проведения общественных слушаний по реализации программ развития города.

Список литературы

1. Измайлов А.Ф. Информационная модель города (о некоторых подходах к проблеме моделирования информационных отношений в городской среде). *Управленческое консультирование.* 2009;1:179–186.

2. Гафарова Е.А., Газизова К.А. Имитационные модели развития города: социально-экономический и управленческий аспекты. *Вопросы управления.* 2015;3(34):172–180. URL: https://journal-management.com/issue/2015/03/23 (дата обращения: 15.07.2023).

3. Psyllidis A., Bozzon A., Bocconi S., Titos Bolivar C. *A Platform for Urban Analytics and Semantic Data Integration in City Planning*. In: Computer-Aided Architectural Design Futures. The Next City — New Technologies and the Future of the Built Environment. CAAD Futures 2015. Communications in Computer and Information Science, vol 527. Celani G, Sperling, D, Franco J (eds). Berlin, Heidelberg: Springer; 2015. P. 21-36. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47386-3_2

4. Митягин С.А., Соболевский С.Л., Дрожжин А.И., Воронин Д.Ю., Евстигнеев В.П., Садовникова Н.П. и др. Цифровая модель города: принципы и подходы к реализации. *International Journal of Open Information Technologies.* 2019;7(12):94–103. URL: http://injoit.org/index.php/j1/article/view/858 (дата обращения: 17.07.2023).

5. Видясова Л.А., Смирнова П.В. Исследование образа «умного города» глазами жителей Петербурга. *Информационные ресурсы России.* 2019(2):35–38.

6. Stojanovski T. *City Information Modelling (CIM) and Urban Design –Morphological Structure, Design Elements and Programming Classes in CIM*. In: Computing for a better tomorrow - Proceedings of the 36th eCAADe Conference. 19–21 September 2018. Volume 1. Kepczynska-Walczak, A, Bialkowski, S (eds.). Lodz, Poland: Lodz University of Technology; 2018. P. 507–516. https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2018.1.507

7. Stojanovski T. *City Information Modeling (CIM) And Urbanism : Blocks, Connections, Territories, People And Situations*. In: SimAUD '13 Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design. San Diego; 2013. P. 86–93. URL: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-125971 (дата обращения: 17.07.2023).

8. Митусова Н.А., Голубничий А.А. Моделирование городских процессов (методы и объекты). *Современная техника и технологии.* 2016;8(60):3–6. URL: https://technology.snauka.ru/2016/08/10459 (дата обращения: 20.07.2023).

9. Якушев Н.М., Максимова Н.А. Информационное обеспечение градостроительной деятельности. *Фотинские чтения.* 2016(1):316–321.

10. Шеина С.Г., Стародубцева А.С. Устойчивое развитие городов. Комплексный подход к преобразованию городской среды. *Инженерный вестник Дона*. 2017(2). URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4114 (дата обращения: 20.06.2023).

References

1. Izmailov AF. Informatsionnaya Model' Goroda (O Nekotorykh Podkhodakh k Probleme Modelirovaniya Informatsionnykh Otnoshenii v Gorodskoi Srede). *Administrative Consulting*. 2009;1:179–186. (In Russ.).

2. Gafarova EA, Gazizova KA. Simulation Models of Urban Development: Socio-Economic and Administrative Aspects. *Management Issues*. 2015;3(34):172–180. (In Russ.). URL: https://journal-management.com/issue/2015/03/23 (accessed: 15.07.2023).

3. Psyllidis A., Bozzon A., Bocconi S., Titos Bolivar C. *A Platform for Urban Analytics and Semantic Data Integration in City Planning*. In: Computer-Aided Architectural Design Futures. The Next City — New Technologies and the Future of the Built Environment. CAAD Futures 2015. Communications in Computer and Information Science, vol 527. Celani G, Sperling, D, Franco J (eds). Berlin, Heidelberg: Springer; 2015. P. 21-36. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47386-3_2

4. Mityagin SA, Sobolevskii S.L, Drozhzhin AI, Voronin DY, Evstigneev VP, Sadovnikova NP, et al. City Digital Model: Principles And Approaches To Implementation. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019;7(12):94–103. (In Russ.). URL: http://injoit.org/index.php/j1/article/view/858 (accessed: 17.07.2023).

5. Vidyasova LA, Smirnova PV. The Study of the “Smart City” Image through the Eyes of St. Petersburg Residents. *Informatsionnye Resursy Rossii*. 2019; (2):35–38. (In Russ.).

6. Stojanovski T. *City Information Modelling (CIM) and Urban Design –Morphological Structure, Design Elements and Programming Classes in CIM*. In: Computing for a better tomorrow - Proceedings of the 36th eCAADe Conference. 19–21 September 2018. Volume 1. Kepczynska-Walczak, A, Bialkowski, S (eds.). Lodz, Poland: Lodz University of Technology; 2018. P. 507–516. https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2018.1.507

7. Stojanovski T. City Information Modeling (CIM) And Urbanism : Blocks, Connections, Territories, People And Situations. In: *SimAUD '13 Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design*. San Diego; 2013. P. 86–93. URL: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-125971 (accessed: 17.07.2023).

8. Mitusova NA, Golubnichii AA. Modelling of Urban Processes (Methods and Objects). *Modern Technics and Technologies*. 2016;8(60):3–6. (In Russ.). https://technology.snauka.ru/2016/08/10459 (accessed: 20.07.2023).

9. Yakushev NM, Maksimova NA. Informatsionnoe Obespechenie Gradostroitel'noi Deyatel'nosti. *Fotinskie Chteniya*. 2016;(1):316–321. (In Russ.).

10. Sheina SG, Starodubtseva AS. Ustoichivoe Razvitie Gorodov. Kompleksnyi Podkhod k Preobrazovaniyu Gorodskoi Sredy. *Engineering Journal of Don*. 2017(2). (In Russ.). URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4114 (accessed: 20.06.2023).

Поступила в редакцию 30.06.2023
Поступила после рецензирования 16.07.2023
Принята к публикации 09.08.2023

Об авторах:

Шеина Светлана Георгиевна, заведующая кафедрой «Городское строительство и хозяйство» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, ScopusID, ORCID, rgsu-gsh@mail.ru

Осовик Иван Борисович, магистрант кафедры «Городское строительство и хозяйство» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, osovik.ivan@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов:

И.Б. Осовик — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, подготовка текста, формирование выводов.

С.Г. Шеина — научное руководство, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Received 30.06.2023
Revised 16.07.2023
Accepted 09.08.2023

About the Authors:

Svetlana G. Sheina, Dr.Sci.(Engineering**),** Professor, Head of the Urban Construction and Utilities Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ScopusID, ORCID, rgsu-gsh@mail.ru

Ivan B. Osovik, Master Student of the Urban Construction and Utilities Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ORCID, osovik.ivan@yandex.ru

Claimed contributorship:

IB Osovik — formulating the main concept, aim and objectives of the research, preparing the text, drawing the conclusions.

SG Sheina — scientific supervision, research results analysis, refining the text, correcting the conclusions.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.